

# 用能权交易促进能源技术知识流动

全鑫, 姜苑

江苏大学财经学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2025年1月8日; 录用日期: 2025年1月24日; 发布日期: 2025年2月28日

## 摘要

用能权交易制度是中国基于源头控制而实施的市场型环境规制政策, 引入用能权交易制度对于促进能源技术知识的流动和实现能耗总量与强度“双控”目标具有重要意义。文章以用能权交易试点作为切入点, 基于2006~2019年全国256个地级市的面板数据, 以专利信息反映能源技术知识流动, 采用双重差分法实证检验用能权交易制度对能源技术知识流动的效果及影响因素。研究发现: 用能权交易制度能够在总体上有效促进能源技术知识流动。进一步的分析发现, 试点城市更高水平的人力资本有助于强化城市试点政策的促进作用。且在东中部地区、一、二线和非资源型城市, 政策效果更加明显。

## 关键词

用能权交易制度, 能源技术知识流动, 双重差分法

# Energy Rights Trading Promotes the Flow of Energy Technology Knowledge

Xin Quan, Yuan Jiang

School of Finance and Economics, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: Jan. 8<sup>th</sup>, 2025; accepted: Jan. 24<sup>th</sup>, 2025; published: Feb. 28<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

The energy rights trading system is a market-based environmental regulation policy implemented by China to control energy consumption at the source. Introducing this system is significant for promoting the flow of energy technology knowledge and achieving the dual control targets of total energy consumption and intensity. This paper uses the energy trading pilot as a starting point, based on panel data from 256 prefecture-level cities across China from 2006 to 2019. It uses patent information to reflect the flow of energy technology knowledge and employs the difference-in-differences method to empirically test the effects and influencing factors of the energy rights trading

system on the flow of energy technology knowledge. The study finds that the energy rights trading system effectively promotes the flow of energy technology knowledge overall. Further analysis reveals that higher levels of human capital in pilot cities help strengthen the policy's promoting effect. The policy effects are more significant in the eastern and central regions, first- and second-tier cities, and non-resource-based cities.

## Keywords

Energy Rights Trading System, Flow of Energy Technology Knowledge, Difference-in-Differences Method

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

中国经济当前正处于从追求速度的增长模式向注重质量的发展阶段转变的关键时期。如何摆脱依赖高能耗、高污染及高排放的传统增长方式, 转向更加绿色环保的发展路径, 是摆在面前的一项重大挑战。在此过程中, 低碳技术的发展起到了至关重要的作用[1]。这不仅涉及到推动此类技术的创新进步, 还涵盖了促进这些技术知识的有效传播与广泛应用[2]-[4]。因此, 在这样的背景下, 制定并实施合理的能源环境政策, 以加速能源相关技术信息的流通, 对于中国达成节能减排目标具有重要意义。其中, 作为一种市场机制探索的用能权交易制度, 正在成为推进绿色发展的新途径之一[5]。历史经验显示, 相较于单纯的技术革新而言, 新技术的实际应用往往更能解释经济增长背后的驱动力[6]。类似地, 近年来中国在光伏产业和风力发电等领域的快速崛起, 并在全球市场上占据一席之地, 很大程度上归功于国际间低碳技术交流的作用[7]-[9]。“十四五”规划中明确提出“加快排污权、用能权、用水权以及碳排放权市场的建设”, 为促进能源领域知识和技术的流动指明了方向, 体现了中央政府对通过用能权交易实现可持续发展目标的支持态度。

技术知识的传播往往伴随着投资与贸易等经济行为, 展现出积极的外部效应和溢出效应[10]。2016年7月, 国家发展改革委决定在浙江、福建、河南及四川四个省份启动用能权有偿使用与交易试点项目。这一制度旨在通过供给侧改革来应对日益严峻的能源与环境挑战, 被认为是控制能源消耗总量的有效机制之一, 并且对于促进经济可持续增长和建设生态文明具有重要而深远的意义[11]。本文着眼于探讨用能权交易政策如何影响能源相关技术信息的流通, 基于2006年至2019年间覆盖全国256个城市的统计数据, 运用双重差分方法对中国实施的用能权交易试点政策效果进行了实证研究。

## 2. 政策背景与理论机制

### 2.1. 相关理论

#### (1) 用能权交易制度背景

用能权交易制度是中国为应对能源和环境问题而推出的一项重要政策。其背景可以追溯到2015年, 当时《生态文明体制改革总体方案》首次提出了用能权交易的概念。2016年, 国家发展和改革委员会决定在浙江、福建、河南和四川四省开展用能权有偿使用和交易试点。

#### (2) 技术知识流动的相关研究

目前, 现有研究对于技术知识流动的测度暂未有一个统一的标准, 一个重要原因是创新的外部性或

称知识流入与溢出难以度量。过往衡量知识溢出的手段主要围绕研发支出、外资直接投资产生的知识溢出效应以及清洁发展机制(CDM) [12]等层面, 间接展现出国际技术知识向本土国家传播的程度。另有研究采纳了技术市场成交量作为本土技术知识转移规模的直接评估指标[13], 但由于技术市场交易的总体规模相较于贸易和外资直接投资而言显著较小, 故而难以全面揭示知识流动的广阔图景[14]。

鉴于专利信息披露的不断完备, 国内外研究者已着手利用专利信息来评估技术知识的转移路径。Jaffe [15]率先指出, 知识流动可以通过专利引用的方式体现, 这在相当程度上直观展示了技术知识传递的过程。按照规定, 专利申请者必须援引所有相关的“既有技术”, 而一项新技术后续亦会被其他“创新”所引用, 构成一个引用的“闭环”, 此过程被视为完整描绘了知识流动的轨迹与方向[16]。在此基础之上, Narin [17] [18]等人进一步发展了专利计量学的概念, 并主张通过专利被引用的频次同样能有效衡量技术知识的转移动态。

### (3) 用能权交易建设对环境、经济与技术活动的作用研究

已有用能权交易建设的效应研究主要聚焦于其对生态环境与经济效应的作用。研究表明, 中国的用能权交易试点不仅有效减少了污染物的排放总量和强度, 尤其对排放强度的抑制作用更为显著, 带来了环境红利[19] [20]。同时, 这些试点还促进了经济发展水平和增长速度, 产生了经济红利[21]。类似地, 欧盟推行的低碳区域政策在增进区域环境质量和空气纯净度方面成效显著[22]。诸如意大利、英国、法国及美国等国采纳的白色证书机制, 其运作模式与能耗权交易制度相仿, 通过对能源供应或分配企业设定节能指标, 企业达标后赢得的白色证书既能抵扣自身节能义务, 亦具备交易流通的属性[23]。大量文献资料已验证了这一机制的积极作用。该制度之所以能在环境与经济效益上取得成就, 根本在于能耗权交易制度催化了绿色科技的创新进程[24], 此现象与波特理论中关于环保规范激励创新的论述不谋而合[25]。

关于现有环境政策对低碳技术知识传播及最终采纳的理论探讨, 主要集中在两个核心维度: 一是在微观层面上对企业和家庭行为的剖析。研究数据揭示, 强制性的正规环境保护法规能够提升采用环保技术的概率, 但这种效应会受到企业特质的显著影响[26]; 市场导向的许可权交易机制促使企业更加高效地采纳创新技术[27]; 此外, 能源税收政策与家庭技术采纳补贴对于新式住宅建筑中保温技术的应用具有潜在的驱动作用[15]。二是关于国际间技术转移的深入探究。Popp [28]着重指出, 在应对诸如气候变化等长远挑战之际, 政策制定应重视如何有效激发发展中国家采纳相关低碳技术的问题。在此基础上, 学者们基于南北合作模式, 强调了发达国家与欠发达国家在许可权贸易、投资补助及碳排放税等诸多政策领域协同作业, 对于促进低碳技术知识跨国界流通的重要性。

## 2.2. 研究假设

用能权交易是在控制区域用能总量和强度的前提下, 能源消费企业在市场环境中参与能耗总量指标的交易活动。各地试点政府针对性地设计了一系列策略, 旨在推动低碳技术的普及、行业进步及财税优惠政策, 这些激励机制有效促进了专业生产要素与人力资源的汇聚, 并加速了区域间的能源技术知识交流。随着能耗权交易试点范围的不断扩展, 其它城市很可能在环境保护政策、产业布局与技术创新方面借鉴这些先行城市的模式。这样一来, 试点城市不仅扮演着示范角色, 还起到了警醒周边城市的作用, 进而在更广泛的层面上激发能源技术知识的传播与应用。据此提出如下假说:

假说 1: 用能权交易制度促进总体能源技术知识流动。

用能权交易试点对能源技术知识流动的影响可能与城市的产业结构和人力资本等环境条件相互作用[29]。一方面, 用能权交易制度可能通过推动工业结构调整来促进能源技术知识的流动。试点行业及企业的用能权配额反映了政府的工业结构调整方向。用能权交易主要覆盖有色金属、石化、化工、平板玻璃、钢铁和建材等重点用能行业, 通过激励用能主体提高能源利用效率, 减少能源消费总量和强度, 推动能

源结构优化和清洁低碳转型, 倒逼产业转型调整升级以促进能源技术知识流动[30]。另一方面, 人力资本与新科技知识流动的正向关联得到了诸多实证研究的支持[31]。因此, 人力资本也可能会加强用能权交易建设对能源技术知识流动的作用。据此提出如下假说:

假说 2a: 产业结构调整加强用能权交易制度对能源技术知识流动的作用。

假说 2b: 人力资本水平提升加强用能权交易制度对能源技术知识流动的作用。

用能权交易对能源技术知识流动的影响可能因城市的地理位置、规模和资源禀赋等特征而有所不同。首要方面涉及地理区位的差异, 具体而言, 东部区域因其经济发展的高起点, 享有更为发达的交通及信息基础设施, 这为其提供了有利条件以更便捷地接触并吸纳最新的科技成就, 进而促进了技术的广泛传播[32][33]。其次, 城市规模的不等也是影响因素之一, 大规模城市凭借其聚集的丰富资源要素与活跃的知识交流环境, 进一步加剧了这一现象。最后, 必须考虑到资源禀赋的多样性, 对于那些依赖高碳资源的城市, 尽管存在向低碳技术转型的需求, 但可能遭遇由资源诅咒效应带来的挑战与阻碍。相反, 缺乏天然资源的城市则选择通过加大人力资本的投入力度, 积极探索新兴技术和产业领域, 以此策略来弥补自然资源的不足, 实现竞争优势的获取。基于上述多维度的差异分析。

假说 3: 能源技术知识的流通受到用能权交易制度的影响, 这种影响在不同地理区位、城市规模以及资源条件的城市间表现出显著差异。

### 3. 研究设计

#### 3.1. 模型构建

##### (1) 模型设定

在文章的样本中, 浙江、福建、河南和四川于 2016 年开始用能权交易试点, 这为采用双重差分法进行评估提供了一个良好的“准自然实验”。具体来说, 样本中的浙江、福建、河南和四川四省的 55 个地级市构成了处理组, 而其他未开展用能权交易试点的城市则构成了对照组。由此, 设置了以下计量模型。

$$\ln ET_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{treat}_i \times \text{period}_t + \delta \text{control}_{it} + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

这里,  $\ln ET_{it}$  是时间  $t$  时城市  $i$  的总体能源技术知识流动水平。 $\text{treat}_i$  是政策虚拟变量, 如果该城市受到了用能权交易制度的政策干预, 则  $\text{treat}_i = 1$ , 否则为 0, 政策实施当年及之后年份  $\text{period}_t = 1$ , 否则为 0。系数  $\beta$  显示了用能权交易对能源技术知识流动的影响, 若  $\beta$  显著为正则表明用能权交易建设对能源技术知识流动有积极影响。

#### 3.2. 变量定义和测量

##### (1) 被解释变量

在专利申请过程中, 申请人必须引用所有相关的“现有技术”, 而新的技术也会被后续的“发明”引用, 这种循环引用反映了技术知识流动的完整过程[34][35]。尽管专利引用是一个嘈杂但准确的知识流动指标, 但它是经济学、管理学和政策文献中最常用的衡量标准[36]。因此, 借鉴余泳泽[32]的“万人为单位”的方法, 以每万人授权专利引用次数作为衡量能源技术知识流动的指标。

##### (2) 解释变量

在变量设置中, 对各地级市进行赋值。如果某一城市在当年开展用能权交易制度试点, 则赋值为 1, 否则赋值为 0。

##### (3) 控制变量

经济发展水平: 以人均 GDP 衡量。产业结构: 用第三产业增加值占 GDP 的比重衡量。城镇化水平: 以城镇人口占常住人口的比重衡量。政府财政支出规模: 用地方政府一般公共财政支出占 GDP 的比例衡

量。因部分地区如新疆、西藏, 数据缺失严重, 同时因为 2019 年以后专利数据难以获取, 最终选用了 2006~2019 年中国 256 个地级市的面板数据。

#### (4) 机制变量

工业结构采用第二产业增加值占 GDP 比重来衡量工业结构水平。人力资本以高校学生人数占年末户籍人口的比例衡量。

## 4. 实证结果与分析

### 4.1. 基准分析

本文旨在探讨用能权交易试点对能源技术知识流动的影响。在表 1 中, 列(1)仅考虑了城市与时间的固定效应, 未引入其他控制变量; 而在列(2)中, 则进一步纳入了经济发展状况、城镇化程度、产业结构及政府财政支出规模等控制因素, 以减少潜在的结果偏差。研究发现, 不论是否加入额外的控制变量, 用能权交易制度的回归系数均在 1% 的显著性水平上表现为正数, 这一结果验证了假设 1。这意味着, 总体而言, 用能权交易试点政策有效地促进了能源技术知识的传播。

**Table 1.** Baseline regression results

**表 1.** 基准回归结果

变量	(1)	(2)
Treat × period	0.103*** (0.0303)	0.1048*** (0.0303)
Pgdp		-0.000482 (0.00189)
Lu		-0.00922 (0.0161)
Gs		0.0504*** (0.0131)
Ind		0.000156 (0.000797)
Constant	-0.00247 (0.00506)	0.00235 (0.00462)
Year	Yes	Yes
City	Yes	Yes
Observations	3584	3584
R-squared	0.538	0.449

注: \*, \*\*, \*\*\*分别表示在 10%、5%、1%水平下显著, 括号内为 t 值。下表同。

就控制变量的能源技术知识流动效应而言, 政府财政支出规模对能源技术知识流动有显著促进作用。可能的原因是, 政府财政支出规模增加可以通过多种渠道促进技术知识流动, 例如提高公共研发投入、加强基础设施建设、支持企业创新活动、提高教育水平和人力资本、改善制度环境和市场竞争等。未来我国将继续实施积极的财政政策, 保持必要的财政支出规模, 重点支持科技创新、基础设施建设、民生

保障等领域, 加快构建新发展格局, 促进能源技术知识流动和高质量发展。

## 4.2. 稳健性检验

### 4.2.1. 平行趋势检验

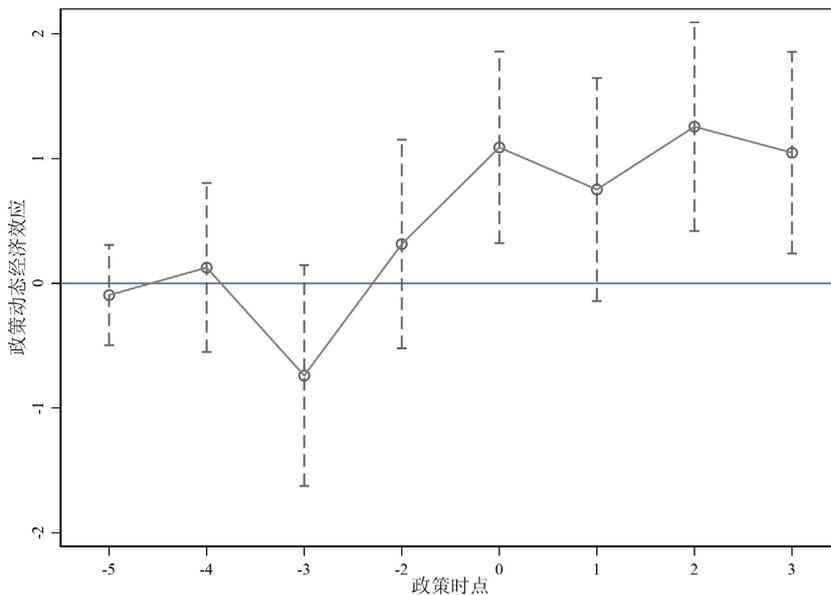


Figure 1. Parallel trend test

图 1. 平行趋势检验

### 4.2.2. 倾向匹配得分双重差分法

Table 2. Robustness test

表 2. 稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)
Treat × period	0.0955*** (0.0163)	0.104*** (0.0301)	0.1054*** (0.0304)
Inf			-0.00282* (0.00160)
Den			-0.000141 (0.000941)
Controls	Yes	Yes	Yes
Constant	-0.0116 (0.0215)	-0.00406 (0.00444)	0.0186* (0.0106)
Year	Yes	Yes	Yes
City	Yes	Yes	Yes
Observations	3584	3066	3584
R-squared	0.587	0.547	0.449

以等式(1)中的控制变量作为协变量。采用核匹配进行匹配, 匹配后, 所有变量的标准化偏差均显著减小, 均小于 10%, 表明对照组和实验组的分布已达到相对均匀的过渡。因此, PSM-DID 是合适的。表 2 报告了 PSM-DID 估计的回归结果。第(1)列中的处理  $\times$  时间系数为正且显著, 与基于 DID 方法的估算结果一致。

#### 4.2.3. 安慰剂检验

见图 1, 已通过平行趋势检验, 进一步进行安慰剂检验。如图 2 所示。可以看到, 经过随机实验得到的估计系数大都分布在零点附近, 与基准回归估计的系数相距较远, 这表明前文的估计结果并不是偶然的结果, 再次验证了所估计的用能权交易试点政策促进能源技术知识流动的效应并未受到随机因素的干扰。

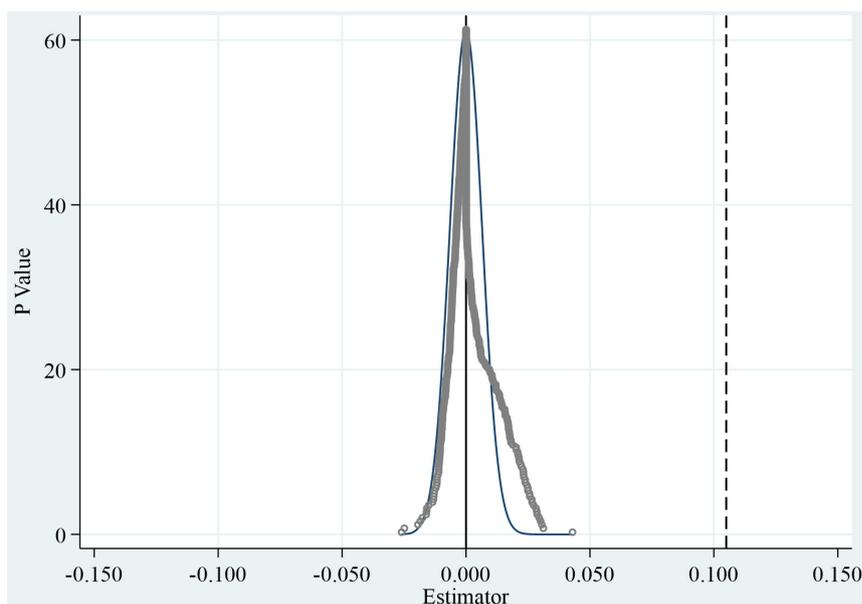


Figure 2. Placebo test  
图 2. 安慰剂检验

#### 4.2.4. 稳健性检验

排除其他政策的影响。为有效评估用能权交易制度对能源技术知识流动效率的影响, 还需要排除其他可能影响技术知识流动的政策以及内生性问题。为消除碳排放权交易试点的干扰, 通过排除碳排放权交易试点地区进行重新估算。表 5 显示了排除碳排放权交易试点影响后的结果。根据第(2)列, 用能权交易制度对能源技术知识流动有显著的正向影响, 同基准回归结果一致, 这表明基准回归是稳健的。

增加控制变量。包括人口密度(den), 用常住人口千人与地级市平方公里面积的比值衡量; 信息化程度(inf), 用互联网宽带接入用户数万户与年末户籍人口万人的比值衡量。估计结果见表 5 列(3), 在加入更多的控制变量后, 核心解释变量的估计结果与基准回归相比在影响方向上并未发生改变, 表明用能权交易试点的施行依然显著促进能源技术知识流动。

## 5. 拓展性分析

### 5.1. 机制检验

前文采用双重差分法与一系列稳健性检验验证了用能权交易制度能够显著提高试点城市能源技术知识流动, 根据人力资本与工业结构对用能权交易政策效果的调节作用假设, 进一步建立如下调节作用模型:

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_2 \text{treat}_i \times \text{period}_t + \delta \text{control}_{it} + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$\ln \text{ET}_{it} = \beta_0 + \beta_3 \text{treat}_i \times \text{period}_t + \beta_4 M_{it} + \delta \text{control}_{it} + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

表 3 展示了回归结果。在列(1)中, 用能权交易制度的系数在 1% 的显著性水平下显著为正, 说明用能权交易制度对人力资本具有显著正向作用, 在列(2)中, 用能权交易制度的系数结果显示, 人力资本对能源技术知识流动的单独作用显著为正, 与已有研究结论相符, 从而验证了假设 2b。不过, 表 3 第(3) (4) 列的结果显示, 用能权交易制度虽有效推进了工业结构调整, 但未对能源技术知识流动产生显著强化作用。假设 2a 未得到支持。

**Table 3.** Mechanism tests

**表 3.** 机制检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	人力资本	能源技术知识流动	工业结构	能源技术知识流动
Treat × period	0.00642*** (0.00245)	0.0435*** (0.00285)	-0.202*** (0.0720)	0.0986*** (0.0246)
Hum		0.479*** (0.0570)		
Is				-0.0312 (0.0281)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes	Yes
City	Yes	Yes	Yes	Yes
	(0.00240)	(0.00757)	(0.0804)	(0.129)
Constant	0.0150*** (0.00240)	-0.0447*** (0.00757)	4.579*** (0.0804)	0.145 (0.129)
Observations	3584	3584	3584	3584
R-squared	0.235	0.310	0.598	0.455

## 5.2. 异质性分析

### (1) 基于不同地理区位

**Table 4.** Location heterogeneity

**表 4.** 区位异质性

	(1)	(2)	(3)
	东	中	西
Treat × period	0.106*** (0.0319)	0.0282** (0.0139)	0.00977 (0.00721)
Controls	Y	Y	Y
City	Y	Y	Y
Year	Y	Y	Y
Constant	0.00915 (0.00854)	0.0319** (0.0132)	0.0172** (0.0084)
Observations	3094	3052	3066
R-squared	0.451	0.155	0.143

根据城市的地理位置, 将样本进行分组回归分析(见表 4)。结果显示, 用能权交易试点在东中部地区对能源技术知识流动的促进作用显著, 但在西部地区效果不佳。这与高铁在国内知识溢出中的积极作用研究结果相似[32]。

### (2) 基于不同城市规模

回归结果如表 5 所示。可见, 在一、二线等城市的用能权交易试点政策显著促进了城市能源技术知识流动, 表明更大规模城市有助于放大用能权交易试点政策对能源技术知识流动的促进作用。

**Table 5.** Heterogeneity of city size  
**表 5.** 城市规模异质性

	(1)	(2)	(3)
	一、二线	三、四线	五线
Treat×period	0.146*** (0.0548)	0.0567** (0.0229)	0.0021 (0.00153)
Controls	Y	Y	Y
City	Y	Y	Y
Year	Y	Y	Y
Constant	0.0191** (0.00828)	-0.00424 (0.00995)	0.0129*** (0.00421)
Observations	2954	3304	2926
R-squared	0.436	0.206	0.014

### (3) 基于不同资源禀赋

表 6 的结果显示, 用能权交易建设对非资源型城市能源技术知识流动促进效果显著为正作用。

**Table 6.** Heterogeneity of resource endowments  
**表 6.** 资源禀赋异质性

	(1)	(2)
	资源型城市	非资源型城市
Treat × period	0.0121 (0.00828)	0.105*** (0.0347)
Controls	Y	Y
City	Y	Y
Year	Y	Y
Constant	0.0108** (0.00452)	0.00738 (0.00734)
Observations	2982	3318
R-squared	0.056	0.421

## 6. 研究结论与政策建议

### 6.1. 主要研究结论

文章利用专利信息构建了能源技术知识流动指标, 采用 DID 方法实证分析用能权交易制度对能源技术知识流动的作用。研究结论显示:

(1) 用能权交易制度的实施有效促进了能源技术知识流动, 与碳排放权交易制度等其他环境权益交易制度相互补充, 共同构建绿色低碳的发展模式。

(2) 人力资本水平提升有助于强化用能权交易制度对能源技术知识流动的促进作用, 但工业结构调整未起到同样作用。

(3) 用能权交易制度在东中部地区、规模较大和非资源型城市对能源技术知识流动的促进效果更为显著。

### 6.2. 政策建议

首要任务在于及时归纳试点项目的实践经验, 以进一步建设和完善中国能源使用权的交易市场体系。一方面, 需对能源使用权指标的核定、分配及监测等制度进行优化设计, 持续改进监管机制, 提升其效率, 并加强各个环节操作流程的规范性、便捷性和透明度, 以此预防腐败现象的发生; 另一方面, 则应逐步扩大试点范围, 在不断积累宝贵经验的基础上, 最终构建一个覆盖全国的能源使用权交易平台。

其次, 在设计用能权交易试点政策的过程中, 应当与人才等相关政策措施相辅相成, 以此来加强对于能源技术知识传播的支持作用。此外, 基于各试点城市的具体情况, 采取量身定制的策略显得尤为重要。比如, 在东部和中部地区以及一线、二线城市中, 鉴于这些地方拥有较为丰富的人力资源等多方面优势, 应该将注意力集中在清洁能源技术的进步上, 从而推动更为深刻的低碳转型过程。反之, 在西部及那些规模相对较小且以自然资源为基础的城市里, 则需把握住当前信息化、智能化和创新基础设施建设所带来的机会, 改善促进技术知识交流的基础条件。最后, 我国还应积极寻求与国际上领先实践的学习与合作机会, 使得用能权交易体系能够更加有效地支持国家高质量发展和生态文明建设的大局。

## 参考文献

- [1] IEA (2020) Energy Technology Perspectives 2020. <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>
- [2] 王文军, 赵黛青, 陈勇. 我国低碳技术的现状、问题与发展模式研究[J]. 中国软科学, 2011(12): 84-91.
- [3] 穆荣平, 张婧婧, 陈凯华. 国家创新发展绩效格局分析方法与实证研究[J]. 科研管理, 2020, 41(1): 12-21.
- [4] Sun, H., Edziah, B.K., Kporsu, A.K., Sarkodie, S.A. and Taghizadeh-Hesary, F. (2021) Energy Efficiency: The Role of Technological Innovation and Knowledge Spillover. *Technological Forecasting and Social Change*, **167**, Article ID: 120659. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120659>
- [5] 栾群, 刘明明. 用能权交易: 绿色发展新亮点[N]. 学习时报, 2016-06-20(004).
- [6] Eaton, J. and Kortum, S. (1999) International Technology Diffusion: Theory and Measurement. *International Economic Review*, **40**, 537-570. <https://doi.org/10.1111/1468-2354.00028>
- [7] Dechezleprêtre, A., Glachant, M., Hascic, I., Johnstone, N. and Ménière, Y. (2010) Invention and Transfer of Climate Change Mitigation Technologies on a Global Scale: A Study Drawing on Patent Data. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1414227>
- [8] Dechezleprêtre, A., Ménière, Y. and Mohnen, M. (2017) International Patent Families: From Application Strategies to Statistical Indicators. *Scientometrics*, **111**, 793-828. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2311-4>
- [9] Bretschger, L., Lechthaler, F., Rausch, S. and Zhang, L. (2017) Knowledge Diffusion, Endogenous Growth, and the Costs of Global Climate Policy. *European Economic Review*, **93**, 47-72. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2016.11.012>
- [10] 严成樾. 现代经济增长理论的发展脉络与未来展望——兼从中国经济增长看现代经济增长理论的缺陷[J]. 经济

- 研究, 2020, 55(7): 191-208.
- [11] 韩英夫, 黄锡生. 论用能权的法理属性及其立法探索[J]. 理论与改革, 2017(4): 159-169.
- [12] Cui, J., Wang, Z. and Yu, H. (2022) Can International Climate Cooperation Induce Knowledge Spillover to Developing Countries? Evidence from CDM. *Environmental and Resource Economics*, **82**, 923-951. <https://doi.org/10.1007/s10640-022-00697-8>
- [13] 梁丽娜, 于渤. 技术流动、创新网络对区域创新能力的影响研究[J]. 科研管理, 2021, 42(10): 48-55.
- [14] Zhao, X.L. and Yin, H.T. (2011) Industrial Relocation and Energy Consumption: Evidence from China. *Energy Policy*, **39**, 2944-2956.
- [15] Jaffe, A.B. (1995) Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us? *Journal of Economic Literature*, **33**, 132-163.
- [16] Jiří, S. (1981) Analysis by Means of a Gravitation Model of International Flows of Patent Applications in the Period 1967-1978. *Research Policy*, **3**, 2-8.
- [17] Narin, F. (1994) Patent Bibliometrics. *Scientometrics*, **30**, 147-155. <https://doi.org/10.1007/bf02017219>
- [18] Xin, X., Wang, Y.D. and Wang, J.Z. (2011) The Problems and Strategies of the Low Carbon Economy Development. *Energy Procedia*, **5**, 1831-1836.
- [19] 黄向岚, 张训常, 刘晔. 我国碳交易政策实现环境红利了吗? [J]. 经济评论, 2018(6): 86-99.
- [20] 张宁, 张维洁. 中国用能权交易可以获得经济红利与节能减排的双赢吗? [J]. 经济研究, 2019, 54(1): 165-181.
- [21] 廖文龙, 董新凯, 翁鸣, 等. 市场型环境规制的经济效应: 碳排放交易、绿色创新与绿色经济增长[J]. 中国软科学, 2020(6): 159-173.
- [22] Wolff, H. (2014) Keep Your Clunker in the Suburb: Low-Emission Zones and Adoption of Green Vehicles. *The Economic Journal*, **124**, F481-F512. <https://doi.org/10.1111/ecoj.12091>
- [23] 杜增华, 陶小马. 欧盟可交易节能证书制度及其对中国节能降耗的启示[J]. 经济问题探索, 2011(10): 161-166.
- [24] 沈璐, 陈素梅. 用能权交易与企业绿色创新——来自中国工业企业的证据[J]. 技术经济, 2020, 39(10): 1-8, 18.
- [25] Porter, M.E. and Linde, C.v.d. (1995) Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, **9**, 97-118. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>
- [26] Kerr, S. and Newell, R.G. (2003) Policy-induced Technology Adoption: Evidence from the U.S. Lead Phasedown. *The Journal of Industrial Economics*, **51**, 317-343. <https://doi.org/10.1111/1467-6451.00203>
- [27] Keohane, N.O. (2001) *Essays in the Economics of Environmental Policy*. Harvard University.
- [28] Popp, D. (2005) Lessons from Patents: Using Patents to Measure Technological Change in Environmental Models. *Ecological Economics*, **54**, 209-226. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.01.001>
- [29] Ing, J. and Nicolai, J. (2020) North-south Diffusion of Climate-Mitigation Technologies: The Crowding-Out Effect on Relocation. *Environment and Development Economics*, **25**, 21-43. <https://doi.org/10.1017/s1355770x19000445>
- [30] 薛飞, 周民良. 用能权交易制度能否提升能源利用效率? [J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(1): 54-66.
- [31] Lucas, R.E. (1988) On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, **22**, 3-42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- [32] 余泳泽, 庄海涛, 刘大勇, 等. 高铁开通是否加速了技术创新外溢?——来自中国 230 个地级市的证据[J]. 财经研究, 2019, 45(11): 20-31+111.
- [33] 申文青. 高铁对技术知识流动的影响——基于沪宁城际高铁的实证[J]. 经济体制改革, 2019(1): 68-74.
- [34] Criscuolo, P. and Verspagen, B. (2008) Does It Matter Where Patent Citations Come from? Inventor vs. Examiner Citations in European Patents. *Research Policy*, **37**, 1892-1908. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.07.011>
- [35] Jaffe, A.B., Trajtenberg, M. and Fogarty, M.S. (2000) Knowledge Spillovers and Patent Citations: Evidence from a Survey of Inventors. *American Economic Review*, **90**, 215-218. <https://doi.org/10.1257/aer.90.2.215>
- [36] Roach, M. and Cohen, W.M. (2013) Lens or Prism? Patent Citations as a Measure of Knowledge Flows from Public Research. *Management Science*, **59**, 504-525. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1120.1644>